

## **Розробка принципів, методів і схем передачі, прийому та обробки сигналів з сукупною смугою робочих частот 1-10 ГГц**

### **Разработка принципов, методов и схем передачи, приема и обработки сигналов с совокупной рабочей полосой частот 1-10 ГГц**

### **Development of principles, methods and schemes of transmission, receiving and processing of signals with a total bandwidth 1-10 GHz**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0113U000937, НТУУ «КПІ» - 2627-п.**

**2. Науковий керівник -** д.т.н., проф. Сундучков К.С., Сундучков К.С., Sunduchkov Konstantin S.

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

В країні все ширше розвивається високошвидкісний рух залізничних комфортабельних експресів, будуються автобани для високошвидкісних автомобілів. Швидкості руху вказаних об'єктів досягають 200-300 км/год, відповідно. Тому існує необхідність забезпечення пасажирів послугами 4G. Метою даного проекту є розробка принципів, методів та схем передачі, прийому та обробки сигналів з сукупною смугою робочих частот 1-10 ГГц та надання послуг 4G для абонентів в мобільних терміналах (МТ), що рухаються по автобазах та в залізничних експресах зі швидкістю 300-200 км/ч.

Основна ідея забезпечення високої якості сигналів послуг 4G в мобільному зв'язку в складних умовах, коли маємо велике число абонентів, які рухаються з великою швидкістю до 300 км/год, полягає в використанні двох основних принципів побудови мережі: датацентризм та цифрова обробка сигналів. Останні підходи, методи та засоби авторами розроблені для вирішення проблемних питань реалізації названих двох основних принципів побудови мережі.

Розроблена та запропонована авторами *нова технологія* супергетеродинного перетворення часто приймачем мобільного терміналу **«Технологія і метод селективного перетворення частот, (багатокритеріальної оптимізації різномірних параметрів приймача МТ)»**, за якою здійснюється перенесення тільки частини спектру прийнятого групового сигналу на низьку проміжну частоту, який дозволяє знайти оптимальне відношення проміжних частот в селективному перетворювачі, ширину робочих частот зон спектру групового сигналу, що перетворюються, та ширину смуги робочих частот аналогового сигналу, що подається на АЦП.

Розроблена та запропонована авторами *нова технологія* організації каналоутворюючої апаратури **«Технологія і метод визначення оптимальних груп OFDM-символів, (багатокритеріальної оптимізації різномірних параметрів каналоутворюючої апаратури)»**, за якою один або декілька OFDM – символів створюють групу, яка в МТ виділяється із загального спектру групового сигналу і цілком переноситься в діапазон частот менший 1 ГГц для наступної цифрової обробки, який забезпечує компроміс між вартістю системи, кількістю груп модуляторів, ефективністю використання частотного спектру та ефективністю використання піднесучих в OFDM-символах.

**(рос.)**

В стране все шире развивается высокоскоростное движение железнодорожных комфортабельных экспрессов, строятся автобаны для высокоскоростных автомобилей. Скорости движения указанных объектов достигают 200-300 км / ч, соответственно. Поэтому существует необходимость обеспечения пассажиров услугами 4G. Целью данного проекта является разработка принципов, методов и схем передачи, приема и обработки сигналов с совокупной полосой рабочих частот 1-10 ГГц и предоставление услуг 4G для абонентов в мобильных терминалах (МТ), движущихся по автобазах и в железнодорожных экспрессах со скоростью 200-300 км/ч.

Основная идея обеспечения высокого качества сигналов услуг 4G в мобильной связи в сложных условиях, когда есть большое число абонентов, движущихся с большой скоростью до 300 км/ч, заключается в использовании двух основных принципов построения сети: датацентризм и цифровая обработка сигналов. Последние подходы, методы и средства авторами разработаны для решения проблемных вопросов реализации названных двух основных принципов построения сети.

Разработана и предложена авторами новая технология супергетеродинного преобразования часто приемником мобильного терминала «Технология и метод селективного преобразования частот, (многокритериальной оптимизации разнородных параметров приемника МТ)», по которой осуществляется перенос только части спектра принятого группового сигнала на низкую промежуточную частоту, который позволяет найти оптимальное соотношение промежуточных частот в селективном преобразователе, ширину рабочих частот зон спектра группового сигнала, превращаются, и ширину полосы рабочих частот аналогового сигнала, подаваемого на АЦП.

Разработана и предложена авторами новая технология организации каналообразующего аппаратуры «Технология и метод определения оптимальных групп OFDM-символов, (многокритериальной оптимизации разнородных параметров каналообразующего оборудования)», по которой один или несколько OFDM - символов создают группу, которая в МТ выделяется из общего спектра группового сигнала и целиком переносится в диапазон частот менее 1 ГГц для последующей цифровой обработки, который обеспечивает компромисс между стоимостью системы, количеством групп модуляторов, эффективностью использования частотного спектра и эффективностью использования поднесущих в OFDM-символах.

**(англ.)**

The country is increasingly developing high-speed railway traffic comfortable express trains, highways are built for high-speed vehicles. The velocity of these objects reach 200-300 km / h, respectively. There is therefore a need to ensure passenger services 4G. The purpose of this project is to develop principles, methods and schemes of transmission, reception and processing of signals with a total operating frequency band 1-10 GHz and 4G services to subscribers in mobile terminals (MT), moving in carpool and express train at a speed of 300 to 200 km / h.

The basic idea of providing high quality signals 4G services in mobile communications in difficult conditions, when there are a large number of subscribers moving at high speeds up to 300 km / h, is to use two basic principles of network: datacentricity and digital signal processing. Recent approaches, methods and tools developed by the authors for solving problems concerning the implementation of these two basic principles of the network.

Developed and proposed by the authors of a new technology conversion superheterodyne receiver portion of the mobile terminal "Technology and method for selective conversion of frequencies (multi-criteria optimization of heterogeneous receiver parameters MT)", in which the transfer of only part of the spectrum of the received baseband signal to a low intermediate frequency, which allows you to find the optimal ratio selective intermediate frequency converters, the width of the operating frequency bands of the spectrum baseband signal are converted, and the width of the bandwidth of the analog signal to the ADC.

Developed and proposed by the authors of a new technology organization channelization equipment "Technology and the method of determining the optimal groups OFDM-symbols (multi-criteria optimization of heterogeneous parameters channeling equipment)", in which one or more OFDM - symbols create a group that MT is allocated from the overall spectrum baseband and completely transferred into the frequency range below 1 GHz for subsequent digital processing, which provides a compromise between the cost of the system, the number of groups of modulator efficiency and the use of the frequency spectrum utilization efficiency of the subcarriers in OFDM-symbols.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Патент України на корисну модель №90380 „Спосіб модуляції променя лазера” від 26.05.2014р.
- Патент України на корисну модель №89028 „Спосіб доставки трафіку базовим станціям мобільної мережі вздовж швидкісної траси” від 10.04.2014р.
- Патент України на корисну модель №71354 „Спосіб передачі послуг абонентам в мобільній мережі зв'язку” від 10.07.2012р.
- Патент України на корисну модель №71353 „Базова станція мобільної мережі в діапазоні міліметрових хвиль” від 10.07.2012р.
- Патент України на корисну модель №71352 „Спосіб електронного перетворення зі зниженням частоти сигналів в мобільному терміналі багато сервісної мережі з високою швидкістю руху абонентів” від 10.07.2012р.
- Патент України на корисну модель №71355 „Архітектура мобільної мережі в діапазоні міліметрових хвиль” від 10.07.2012р.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Дана робота є піонерською і не має аналогів в світі. Після її завершення з'явиться можливість використати запропоновані принципи і схеми для того, щоб організувати мережу мобільного зв'язку, що може надавати послуги 4G абонентам в мережі ємність якої більше 2000 абонентів, які рухаються в залізничному експресі або по автобану зі швидкістю до 300-350 км/год.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Визначені принципи побудови мережі, її параметри та технології. Для просування досягнутих результатів необхідно розробити проект. Вартість проекту -150-200 тис. грн. на рік. Строк виконання – 2 роки.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Департамент стратегії розвитку зв'язку Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. Міністерство освіти і науки України, вищі навчальні заклади при підготовці фахівців та наукових кадрів телекомунікаційного профілю. Маємо документ – лист підтримки від Департаменту стратегії розвитку зв'язку Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, який затверджує, що результати роботи будуть впроваджені в 2015-2017рр. на підприємствах галузі.

#### **8. Стан готовності розробки.**

Визначені принципи побудови мережі, її параметри та технології. Для розробки готових макетів та впровадження досягнутих результатів необхідно розробити проект. Вартість проекту -150-200 тис. грн. на рік. Строк виконання – 2 роки.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Планується впровадження запропонованої технології отримання та обробки інформації в системах мобільного зв'язку на автобанах та залізничних експресах у відповідності з листом підтримки, в якому говориться про початок підготовки впровадження вже на початку 2015 року. Результати розробки планується розмістити стенд на постійно діючій виставці, створеній на базі наукового парку «Київська політехніка» НТУУ «КПІ».

#### **10. Назва організації, телефон, E-mail**

НТУУ”КПІ”, НДІ Телекомунікацій, 406-83-13, [ivanova@its.kpi.ua](mailto:ivanova@its.kpi.ua)

## 11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Сундучков К.С., Голик А.Л., Волков С.Э., Ящук А.С., Сундучков И.К. „Метод расчета параметров радиоканала беспроводного доступа к мобильным терминалам в миллиметровом диапазоне”. Научно-технический журнал ISSN 0021-3470 "Известия вузов. Радиоэлектроника", 2014 г, №8 (август), стр. 1-8.
2. Сундучков К.С., Ящук Ю.Ю., Голик А.Л., Сундучков А.К., Волков С.Э. Формирование OFDM-символов для сигналов услуг 4G с совокупной рабочей полосой частот более 3-4 ГГц. Научно-теоретический журнал «Автоматика и вычислительная техника» (АВТ), Рига, №4, 2014 г., стр. 44-53.
3. Sunduchkov K.S., Sunduchkov A.K., Golik A.L “Radio over Fiber and Wireless Network Technologies in the Mobile Communication”// СВЧ техника и телекоммуникационные технологии: 24-ая международная Крымская конференция „КрыМиКо-2014”, 8-12 сентября, Севастополь: Вебер, 2014.
4. Sunduchkov K.S., Sunduchkov A.K., Golik A.L «Ensuring Delivery Quality for Total Traffic Signals 4G Services to a Large Number (1-2 thousands) of Mobile Terminals on the Autobahn. Матеріали 12-ої Міжнародної науково-технічної конференції TCSET-2014, Lviv-Slavske,
5. Iaschuk O.S., Iaschuk I.I., Sunduchkov K.S. “Metods of Signal Formation and conversion in hybrid over fiber Nrtwork”// СВЧ техника и телекоммуникационные технологии: 23-ая международная Крымская конференция „КрыМиКо-2014”, 8-13 сентября, Севастополь: Вебер, 2013, с.289-290.
6. Сундучков К.С. Собственные шумы в сверхширокополосном гетерогенном телекоммуникационном канале / К. С. Сундучков, С. Э. Волков, А. Л. Голик, Я. Ляховский, А. К. Сундучков, Ю. И. Хилько // СВЧ техника и телекоммуникационные технологии : 23-я междунар. Крымская конф. «Крымко-2013», 8–13 сент. 2013 г., Крым, Украина: материалы конф. — Севастополь : Вебер, 2013. — С. 291–293.
7. Хилько Ю.И. «Параметры сигнала радиодоступа в миллиметровом диапазоне» / Хилько Ю.И. Голик А.Л., Сундучков К.С // Материалы 9-й международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013, 22-26 апреля 2013, Севастополь, Украина. – С. 43
8. Сундучков К.С., Волков С.Э., Ящук А.С., Выбор полосы рабочих частот приемника-декодера мобильного терминала интерактивной гетерогенной телекоммуникационной сети мобильной связи, материалы 7-й международной научно-технической конференции «Проблемы телекоммуникаций», 16-19 апреля 2013г., г.Киев, с.78-81